

## **Custos e Benefícios do Uso da Pulverização Aérea de Agrotóxicos na Agricultura**





ISSN 1678-0434

Dezembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Instrumentação*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 39

## **Custos e Benefícios do Uso da Pulverização Aérea de Agrotóxicos na Agricultura**

Cinthia Cabral da Costa

São Carlos, SP  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452

Caixa Postal 741

CEP 13560-970 São Carlos, SP

Fone: (16) 2107 2800

Fax: (16) 2107 2902

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

**Embrapa Instrumentação**

Comitê de Publicações

Presidente

*Wilson Tadeu Lopes da Silva*

Secretária-executiva

*Maria do Socorro Gonçalves de Souza Monzane*

Membros

*Carlos Renato Marmo*

*Cíntia Cabral da Costa*

*Cristiane Sanchez Farinas*

*Elaine Cristina Paris*

*Maria Alice Martins*

*Paulo Renato Orlandi Lasso*

Normalização bibliográfica

*Maria do Socorro Gonçalves de Souza Monzane*

Foto da capa

*Luiza Stalder*

Capa, editoração eletrônica e

tratamento das ilustrações

*Valentim Monzane*

**1ª edição**

1ª impressão (2017): 100 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados internacionais de Catalogação na publicação (CIP)**

Embrapa Instrumentação

---

C837c Costa, Cíntia Cabral da

Custo e benefícios do uso da pulverização aérea de agrotóxicos na agricultura  
/ Cíntia Cabral da Costa. – São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017.

22 p. – (Embrapa Instrumentação. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,  
39; ISSN: 1678-0434).

1.:Aplicação de agrotóxicos. 2. Pulverização. 3. Soja. 4. Amassamento. I.  
Costa, Cíntia Cabral da. II. Título. III. Série.

---

CDD 21 ED 631.3

© Embrapa 2017

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução .....	9
Revisão de Literatura .....	10
Métodos e Dados .....	11
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões .....	18
Referências .....	19
Anexo .....	22



# **Custos e Benefícios do Uso da Pulverização Aérea de Agrotóxicos na Agricultura**

---

Cinthia Cabral da Costa

## **Resumo**

Este trabalho busca dar uma orientação quanto ao aspecto econômico do uso da pulverização aérea de agrotóxicos na agricultura. Em contrapartida ao maior custo da pulverização aérea em relação à pulverização terrestre, a aplicação aérea é compensada pela: maior rapidez na realização da pulverização; execução em condições de solos encharcados e; redução de perdas na produção que ocorrem em algumas culturas pelo amassamento provocado pela passagem das rodas do trator no caso da pulverização terrestre. Entretanto, a comparação da eficácia técnica seja no controle de pragas, doenças ou plantas daninhas entre ambas as técnicas depende de condições locais de aplicação. Diante da variação que pode ocorrer, este trabalho buscou informar os parâmetros que devem ser observados pelo produtor para sua decisão sobre o método de aplicação. Cálculos considerando informações conhecidas e específicas também foram simulados.

Termos para indexação: aplicação agrotóxicos, pulverização, soja, amassamento.

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, doutora em Economia Aplicada, pesquisadora da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, [cinthia.costa@embrapa.br](mailto:cinthia.costa@embrapa.br).





# Costs and Benefits of Using Aerial Spraying of Pesticides in Agriculture

---

## Abstract

This study aims to give an orientation on the economic aspect of the use of aerial spraying of pesticides in agriculture. In contrast to the higher cost of aerial spraying in relation to tractor spraying, the first is compensated by: faster spraying; works under soils soaked conditions and; reduction of production losses due to kneading caused by the passage of the tractor wheels in the case of land spraying. However, the comparison of technical efficacy in the control of pests, diseases or weeds between both techniques depends on the local application conditions. Considering the variation that can occurs, this work sought to inform the parameters that must be observed by the producer for his decision on the method of application. Calculations considering some known and specific information were also simulated.

*Index terms: Application pesticides, spraying, soybean, kneading.*



## Introdução

Na busca de maior produtividade e menores custos, a produção agrícola incorpora tecnologias. No caso do sistema de aplicação de agrotóxicos, um sistema que vem sendo adotado é a substituição de tratores por sistemas aéreos. A incorporação desta nova tecnologia tem como justificativas principais: a maior rapidez na realização da pulverização; a execução em condições de solos encharcados, onde a pulverização terrestre se torna crítica ou não praticável e; uma redução de perdas na produção que ocorrem em algumas culturas pelo amassamento provocado pela passagem no caso da pulverização terrestre.

Entretanto, conforme descrito por Santos (2005), a eficácia da aplicação aérea em relação à terrestre depende de vários fatores, como: tipo das barras de pulverização, altura de voo, volume da calda, ajustamento dos bicos de pulverização; além de fatores ambientais que podem ter uma influência maior na aplicação aérea em relação à terrestre. Assim, pesquisas envolvendo o uso da aplicação aérea geralmente se concentram no estudo dos equipamentos utilizados para dispersão dos produtos, volumes de calda e em outros fatores que influenciam na eficiência técnica da prática. Muitos deles comparando com a aplicação terrestre. Alguns exemplos destes estudos podem ser encontrados em Bayer et al. (2011), Cunha et al. (2010), Cunha & Carvalho (2005), Menechini et al. (2017), Reis et al. (2010), Antuniassi (2005), Cunha et al. (2014), Santos (2003) entre outros.

Além de se analisar a eficiência técnica no uso do agrotóxico<sup>2</sup> neste novo sistema de aplicação, alguns trabalhos procuraram também analisar as diferenças de produtividade entre sistema aéreo e terrestre levando em conta o dano do amassamento provocado pelo sistema terrestre que é eliminado no sistema de aplicação aéreo (Oliveira et al., 2014; Reis & Zanatta, 2017).

Informações de ordem econômica, em situações onde o produtor pode escolher entre a pulverização aérea ou terrestre são pouco encontradas. Entretanto, os ganhos econômicos que o produtor pode auferir neste sistema dependem muito das condições em que a aplicação será aplicada. Por exemplo, se for a condição for aplicação de um fungicida numa lavoura que está encharcada, o ganho econômico é a diferença entre o quanto houve de ganho de produtividade e, consequentemente, de renda para o produtor por ter efetuado àquela pulverização menos o custo da mesma. Não se compara a diferença de custo entre pulverização aérea e terrestre neste caso uma vez que esta última não era uma opção viável. Outras condições que irão influenciar o ganho econômico da aplicação aérea em relação à aplicação terrestre estão relacionadas à comparação da eficiência técnica entre ambas. Ou seja, se as condições em que

---

<sup>2</sup> Associado à eficiência técnica, alguns estudos também analisam especificamente as questões ambientais associadas a pulverização aérea.

é aplicado um herbicida, por exemplo, na aplicação aérea indicam que a eficácia desta aplicação é diferente da eficácia ao se aplicar o mesmo produto via terrestre, os ganhos econômicos para o produtor também devem considerar tal diferença de eficiência. Como, geralmente, a eficiência dos agrotóxicos aplicados via terrestre é superior àquela apresentada na aplicação aérea, isto justifica o foco dos trabalhos no estudo das condições de voo e de equipamentos de pulverização para que a eficiência técnica da pulverização aérea se iguale àquela da pulverização terrestre. Entretanto, uma distinção entre estas duas formas de aplicação de agrotóxicos e que pode afetar os custos de produção agrícola de maneira mais geral, sem considerar as especificidades existentes na lavoura ou nos diferentes graus de eficiência técnica da aplicação aérea em relação à terrestre refere-se a redução de perdas na produção existentes em algumas culturas devido ao amassamento provocado na pulverização terrestre.

Neste sentido, este trabalho vem contribuir na discussão sobre a diferenciação de custo entre ambas as técnicas de aplicação, dando subsídios para o produtor tomar sua decisão. Como uma limitação importante neste contexto, tem-se que este trabalho considerou apenas a desvantagem das perdas pelo amassamento (e apenas a cultura da soja), que a cultura pode sofrer pela pulverização movida a trator e não as possíveis diferenciações técnicas de eficiência entre ambos os modos de aplicação, dado que isto, como já mencionado, depende muito das condições locais em que a aplicação é realizada.

## Revisão de literatura

Talvez devido a ser uma técnica ainda recente na agricultura e à falta de padronização ainda existente entre os prestadores de serviço de pulverização aérea, o que leva a uma necessidade mais premente de estudos neste sentido, é ainda escasso as comparações de custos entre as técnicas de aplicação aérea e terrestre. A seguir são apresentadas algumas referências já descritas para os retornos econômicos comparados entre as duas técnicas e também trabalhos indicativos dos níveis de perdas por amassamento pela aplicação terrestre. Estes resultados dos níveis de perdas são importantes como fonte de informação para o trabalho realizado neste estudo.

Santos (2005) indicou uma perda de lucro para o produtor ao utilizar a pulverização aérea ao invés da terrestre na aplicação de fungicida para a ferrugem na soja. O valor não foi apresentado pelo autor. Entretanto, este resultado está relacionado, também, com uma menor eficiência da aplicação aérea em relação a terrestre, o que, como já discutido, depende de condições específicas e, por isto, não foi analisada neste trabalho.

Schroder (2007) mostrou que, numa lavoura de soja na safra 2006/07 (onde soja ao preço de R\$28/sc, custo pulverização terrestre de R\$11/ha e da aérea de R\$22/ha e perda de 4% por amassamento), o custo total da pulverização terrestre foi 2,7 vezes maior do que a pulverização aérea.

Já Embraer (2017), em seu site, indica os seguintes custos unitários para as pulverizações: R\$ 8,00/ha para pulverização terrestre; R\$ 9,33/ha para pulverização aérea utilizando gasolina de aviação e R\$ 5,90/ha para pulverização aérea com motor a etanol. Estes valores ocorreram a um preço de de R\$3,90 e R\$1,40, respectivamente, para a gasolina e o etanol. Não é especificado neste referencia se o custo da pulverização terrestre considera as perdas por amassamento, nem o ano de referência.

Especificamente em relação às taxas de perdas por amassamento quando a pulverização terrestre foi comparada à aérea, foram encontrados resultados na literatura apenas para a cultura da soja. Cruvinel (2017)<sup>3</sup>, em estudo realizado com plantio de soja sob aplicação aérea e terrestre de agrotóxico, obteve uma perda da produção devido ao amassamento de 4%. Neste trabalho foram realizadas de 3 a 5 pulverizações no ciclo da cultura e, portanto, as perdas por amassamento correspondem a esta mesma quantidade de passagens do pulverizador terrestre na lavoura. Águas (2017), em seu site, indica uma taxa de perdas por amassamento de 5% da produtividade. Já Reis & Zanatta (2017) mostraram uma perda de 4,9% por amassamento em lavoura de soja com produtividade de 3,2 ton/ha. Estes autores acrescentam ainda que, em trator sem GPS, outras passagens do mesmo na lavoura, para outras aplicações de agrotóxico, podem aumentar as perdas. Barbosa (2004), citado por Carvalho & Magno Júnior (2005), obteve percentuais de perda na produtividade entre 4 e 7%, sendo maiores as perdas ao aumentar o número de passagens para pulverização terrestre. Tem-se ainda o estudo de Oliveira et al. (2014) onde, apesar de não indicar as taxas de perdas da produção, traz uma informação que pode ajudar no cálculo da mesma. Segundo estes autores, a passagem das rodas do trator na produção de soja reduz 50% a produtividade naqueles locais.

Portanto, apesar das referências econômicas descritas em alguns estudos, tem-se que os preços, principalmente do produto agrícola, pode sofrer muitas variações. Neste sentido este trabalho indica uma análise de sensibilidade para resultados sob diferentes níveis de preços. Outra variação importante é o distanciamento da lavoura em relação ao fornecedor da pulverização aérea, que causa mudanças consideráveis nos preços praticados. Este trabalho procurou também indicar estas alterações.

## Método e Dados

O método utilizado neste trabalho consiste na comparação da receita menos custos em ambas as técnicas de aplicação: aérea (*aa*) e terrestre (*at*). Assim, o lucro do produtor ( $\pi$ ) pode aumentar na mudança do sistema de aplicação terrestre para o aéreo se esta relação for maior para o sistema aéreo. Para isto foi estimada a equação (1) abaixo:

---

<sup>3</sup> Informações fornecidas por contato pessoal. Dados não publicados, referentes ao projeto “Desenvolvimento da aplicação aérea de agrotóxicos como estratégia de controle de pragas agrícolas de interesse nacional”, da Embrapa. 2017.

$$\Delta\pi = (X_{aa} - X_{at}) * Px - (C_{aa} - C_{at}) \quad (1)$$

onde  $X$  é a produtividade e  $(X_{aa} - X_{at})$  refere-se à perda de produtividade pelo amassamento e foi obtido em trabalhos referenciados em literatura. Geralmente os trabalhos indicam estas perdas como um percentual da produção. Considerando alguns cenários de produtividade, este percentual pode ser diretamente aplicado à redução da produtividade.  $Px$  é o preço do produto e foram considerados alguns cenários diferentes para que se possa ter uma análise de sensibilidade dos resultados em relação à esta variável. Já para os custos específicos da aplicação aérea ( $C_{aa}$ ) e da terrestre ( $C_{at}$ ) foi necessário o detalhamento de informações importantes. Assim, para os custos da aplicação aérea ( $C_{aa}$ ) foram descritos numa matriz de custos relacionando o tamanho da lavoura com a distancia de origem do avião agrícola.

Foi analisada informações referentes apenas à cultura da soja, dado que as informações encontradas de perdas por amassamento pela aplicação terrestre em relação à aplicação aérea foi encontrada apenas para esta cultura. Assim, para outros produtos, sugere-se que a fórmula descrita na equação (1) seja refeita considerando as perdas da mesma.

Os preços foram obtidos em Instituto (2017) e deflacionados pelo IGP-DI (Fundação, 2017). Foram utilizados três cenários de preços, analisando toda a série de preços mensais de janeiro de 2000 a março de 2017: (1) preço 1 – menor preço observado no período; (2) preço 2 – preço máximo observado no período e (3) preço 3 – média dos preços de todo período. Todos os preços foram deflacionados para março de 2017.

Da revisão descrita no item anterior foi obtida a variação de produtividade, sendo utilizado o percentual de 4%.

Os custos da aplicação aérea foram obtidos em contato direto com empresas ofertantes deste produto (KL Aviação Agrícola Ltda). Os preços são descritos na Tabela 1A do Anexo e referem-se ao ano de 2017.

Os preços da aplicação terrestre foram calculados considerando as seguintes fontes: ANP (2017) e Ramos et al. (2013). Os dados utilizados para este cálculo são descritos na Tabela 2A do Anexo e também são relativos ao ano de 2017. Foram considerados os custos para diferentes tipos de tratores e uma mesma barra de pulverização (barra tracionado com tanque de 2.000 litros e barra de 18 metros). Foi utilizado implemento dado que coeficientes técnicos relativos ao uso do mesmo foram obtidos no estudo de Santos et al. (2013), podendo utilizar estas informações de maneira mais precisa. Foram utilizados 3 diferentes custos (hora máquina) para o trator e 3 níveis dos coeficientes obtidos por Ramos et al. (2013), sendo estes valores mínimos, máximos e média. Como custo de comparação da pulverização terrestre com a aérea utilizou-se o valor médio geral dos nove (3 vezes 3) resultados obtidos.

Ambos os valores da pulverização aérea e terrestre, apresentados nas Tabelas 1<sup>A</sup> e 2<sup>A</sup>, descritos por unidade de área (ha), já levaram em conta as faixas de sobreposição necessárias. No caso da pulverização aérea, pelo preço fornecido da empresa de contato. No caso da pulverização terrestre, pelo coeficiente apresentado por Ramos et al. (2013).

O volume de agrotóxico utilizado em ambas tecnologias de aplicação é a mesma, só diferenciando a diluição realizada, que é bem menor ou até nula na pulverização aérea. Por este motivo, os custos com o agrotóxico não foram inseridos, pois são iguais em ambas formas de aplicação<sup>4</sup>.

Foram também analisados dois cenários de produtividade, uma mais baixa, de 2 ton ha<sup>-1</sup> e outra mais elevada, de 3,3 ton ha<sup>-1</sup>.

A seguir são apresentados os resultados do trabalho e suas conclusões.

## Resultados e Discussão

Os gráficos da Figuras 1 mostram os resultados obtidos ao utilizar a fórmula descrita na equação (1) nas diversas condições analisadas para a cultura da soja. Os valores positivos observados nestas tabelas indicam o ganho de renda, por hectare, que o produtor pode auferir ao utilizar utilizando a pulverização aérea em detrimento à pulverização terrestre, para as condições descritas.

Assim, verifica-se que este ganho de renda apenas não ocorreu no cenário 1 de preço de soja e para lavouras cujo tamanho médio é de 20 hectares.

Observa-se na Figura 1 que o lucro que o produtor pode auferir por eliminar a perda de produtividade causada pelo amassamento ao utilizar a aplicação aérea foi maior quando:

- A lavoura estiver mais próxima do local de origem do avião, sendo que o mesmo atende até o limite de 40 km de distância. Para os preços de 2017, observou-se que a diferença no preço pela utilização da aeronave pulverizadora quando a distância entre a lavoura e a origem do avião passou de 10 para 20 km foi, em média, R\$3 ha<sup>-1</sup>. Este aumento no preço foi quase o mesmo observado quando a distância passou de 20 para 30 km (preço aumentou R\$4 ha<sup>-1</sup>, em média). Já quando a diferença de preço observada entre as distâncias de 30 e 40 km foi, na média, de R\$7 ha<sup>-1</sup>. Assim, uma lavoura a cerca de 40 km de distância de origem do avião pagaria um preço de cerca de R\$14 ha<sup>-1</sup> a mais do que uma lavoura a cerca de 10 km de distância.

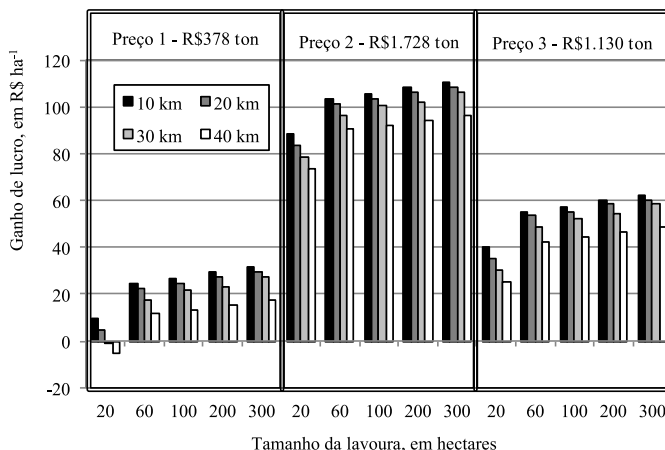
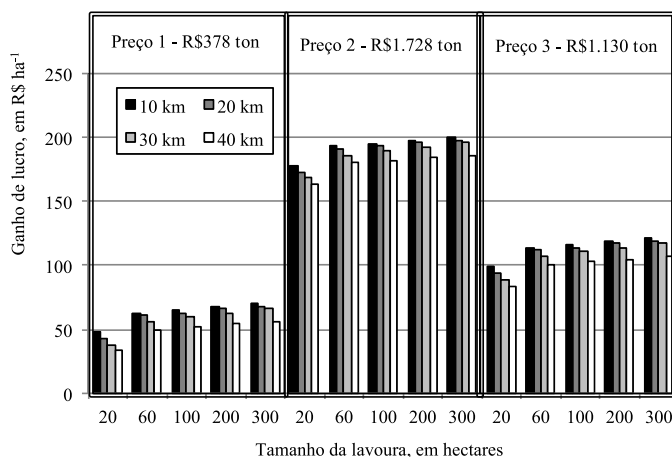
<sup>4</sup> Estes volumes seriam diferentes se a calibragem dos bicos pulverizadores não levar em conta as faixas de sobreposição efetuadas. Como a faixa de sobreposição na pulverização terrestre é inferior à da pulverização aérea, a pulverização aérea teria um gasto superior com o agrotóxico, no valor equivalente ao preço do agrotóxico por hectare multiplicado pelo percentual que a aplicação aérea tem a mais de sobreposição em relação à pulverização terrestre. Este valor seria então somado ao *C<sub>aa</sub>* descrito na equação (1).

- Quanto maior é a área da lavoura, sendo que, a partir de 300 ha, este valor se torna estável, pois o preço da pulverização também fica constante a partir deste tamanho de área. Verificou-se que, independente dos cenários de produtividade e preço, há um aumento de cerca de R\$25 ha<sup>-1</sup> entre o ganho de renda esperado entre uma lavoura de grande porte, a partir de 300 hectares, e uma lavoura de 20 hectares.
- Quanto maior o preço do produto agrícola, que foi a soja no caso analisado. No cenário descrito como o de menor preço observado no período de 2000-2017 observou-se inclusive inviabilidade, pela ótima financeira, da mudança da aplicação terrestre para a aplicação aérea nas condições de mesma eficiência técnica entre ambas as tecnologias. Isto ocorreu, entretanto, para lavouras pequenas, de cerca de 20 ha, quando as mesmas estão acima de 30 km de origem do avião. Todas as demais condições analisadas indicaram ganho de renda com a mudança. Comparando os cenários de menor e maior preço observado no período (Preço 1 e Preço 2, respectivamente, observamos que, em lavoura com produtividade de 2 ton ha<sup>-1</sup>, a diferença entre o ganho de lucro do produtor foi de R\$79 ha<sup>-1</sup>. Já em lavoura com produtividade de 3,3 ton ha<sup>-1</sup>, a diferença entre o ganho de lucro do produtor foi de R\$130 ha<sup>-1</sup>. Em relação ao cenário de preço médio do período (Preço 3), o ganho de lucro comparando com o cenário de preços mais baixos foram de R\$31 ha<sup>-1</sup> e de R\$51 ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para lavouras com produtividade de 2 e 3,3 ton ha<sup>-1</sup>.
- Quanto maior for a produtividade esperada da lavoura. Observamos, para o mesmo cenário de preço, uma aumento no ganho de renda do produtor somente em razão de mudança na produtividade de lavoura, passando de 2 para 3,3 ton ha<sup>-1</sup>. Este aumentos foram nos valores de R\$39 ha<sup>-1</sup>, R\$90 ha<sup>-1</sup> e R\$59 ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os cenários de preços Preço 1, Preço 2 e Preço 3.

Entretanto, estes resultados devem ser observados com cuidado pois são extremamente sensíveis à variável que indica a redução de produtividade ( $X_{aa} - X_{at}$ ). Como já mencionado, neste trabalho foi somente considerada as perdas com amassamento. Ou seja, apenas o lado negativo da pulverização terrestre, dado que esta é uma variável cujo resultado pode ser padronizado para diferentes condições.

Neste sentido, alterando este percentual de perda, de 4 para 2%, no caso de, por exemplo, a eficiência técnica da pulverização aérea ser menor do que a pulverização terrestre e reduzir a produtividade em 2% em relação à pulverização terrestre, os resultados podem mudar a vantagem observada na Figuras 1. A Figura 2 mostra os novos resultados estimados, onde os valores máximos descritos nos eixos verticais dos gráficos (a) e (b) da Figura 1 foram mantidos na Figura 2 para uma melhor comparação entre as figuras.

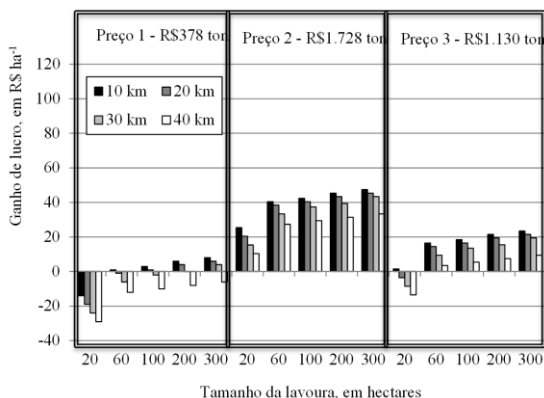


(a) Produtividade média de 2 ton. ha<sup>-1</sup>.(b) Produtividade média de 3,3 ton. ha<sup>-1</sup>.

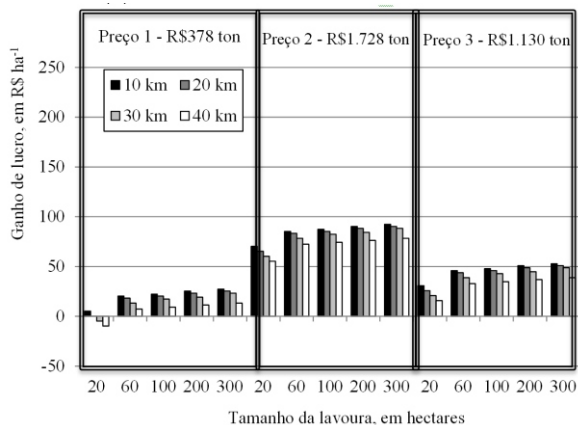
**Figura 1** – Ganho de lucro do produtor ao eliminar 4% de perdas por amassamento provocadas pela passagem do trator na pulverização para produção da soja utilizando a aplicação aérea em lavouras de diferentes tamanhos e distancia (em km) da origem do avião. Preços de 2017  
 Fonte: resultados da pesquisa.

Verifica-se na Figura 2 que a redução neste percentual pode inclusive mudar a vantagem econômica da pulverização aérea para a pulverização terrestre em determinadas condições. Em lavouras de produtividade média de 2 ton ha<sup>-1</sup> (Figura 2a), estas condições desfavoráveis à pulverização aérea ocorreram para tamanhos de lavouras de cerca de 20 ha e em dois dos cenários de preços de

mercado do produto. Com cenário de preço mais baixo (Preço 1), em praticamente quaisquer tamanhos de lavouras atendidas para o modelo de avião considerado observa-se a pulverização aérea como sendo desvantajosa para o produtor. E isto ocorre de maneira mais expressiva quanto maior for a distância da lavoura em relação à origem do avião. Já em lavouras de produtividade média de 3,3 ton ha<sup>-1</sup> (Figura 2b), a pulverização aérea foi economicamente mais desvantajosa do que a pulverização terrestre apenas em lavouras de 20 ha e quando situadas a mais do que 30 km de distancia da origem do avião.



(a) Produtividade média de 2 ton. ha<sup>-1</sup>.



(b) Produtividade média de 3,3 ton. ha<sup>-1</sup>.

**Figura 2** – Ganho de lucro do produtor ao eliminar 2% de perdas por amassamento provocadas pela passagem do trator na pulverização para produção da soja utilizando a aplicação aérea em lavouras de diferentes tamanhos e distancia (em km) da origem do avião. Preços de 2017

Fonte: resultados da pesquisa.

Diante da variedade de condições apresentadas a que os resultados obtidos estão sujeitos, recomenda-se que a decisão seja tomada a partir de valores e condições obtidas na própria lavoura. Neste sentido, a seguir é descrito de maneira detalhada os parâmetros que devem ser observados pelo produtor de maneira que o mesmo possa avaliar, localmente, a melhor alternativa considerando o fator econômico.

### Faça sua própria conta

Neste item sugerimos que o produtor possa fazer sua própria avaliação, para quaisquer condições de preços de produto agrícola e para a taxa de amassamento específica que ele pode auferir na sua lavoura. Para isto, basta que ele calcule, para as suas condições, o " $\Delta\pi$ ", que é a variação de lucro, apresentado na fórmula descrita na equação (1). Caso esta variação de lucro seja positiva é economicamente mais vantajoso utilizar a pulverização aérea em relação à pulverização terrestre. Retornando então à equação (1):

$$\Delta\pi = (X_{aa} - X_{at}) * Px - (C_{aa} - C_{at})$$

Para calcular o primeiro componente ( $X_{aa} - X_{at}$ ), inicialmente o produtor identifica o percentual de perda de produtividade de sua lavoura pelo amassamento. Isto pode ser feito calculando o percentual da área onde passa as rodas do trator e multiplicando este percentual pelo percentual da perda de produção nesta área. Por exemplo, supondo que numa lavoura de 10.000 m<sup>2</sup> (1 ha), as rodas do pulverizador que ele utiliza passam em 400 m<sup>2</sup>. Isto corresponde a 4% da área. Se nestes locais de passagem das rodas as plantas produzem apenas 50% da produção nos arredores que não são danificados pelas rodas, então a conta seria: 4% \* 50%, que dá um percentual de perdas de 2%.

Um aprimoramento que o produtor pode fazer ao calcular suas condições é inserir uma possível diferenciação de efetividade no controle da doença que o produtor tenha conhecimento. Por exemplo, se ele verifica que ao utilizar a aplicação aérea do prestador de serviço da sua região o controle da praga, doença ou planta daninha é menos efetivo do que na pulverização terrestre, pode-se incluir esta informação. Para isto, deve-se identificar a resposta desta redução de efetividade em termos de produtividade da cultura. Por exemplo, suponha que a aplicação aérea de fungicida no controle de ferrugem da soja resulte numa produtividade 1% menor do que quando este controle é realizado via terrestre. Assim este percentual pode também ser utilizado na fórmula para ajudar na decisão do produtor.

Considerando os dois exemplos descritos anteriormente, o valor do componente ( $X_{aa} - X_{at}$ ) seria:

- $X_{aa}$ , que é a produtividade sob aplicação aérea é calculada como a produtividade média da lavoura, supondo 3.000 ton ha<sup>-1</sup> multiplicado por  $(1 + xa)$ , onde “ $xa$ ” é o ganho (ou perda) de produtividade da aplicação aérea em relação à terrestre devido às condições técnicas. No exemplo anterior supomos uma perda de 1% (ou 0,01). Então,  $X_{aa} = 3.000 * (1 - 0,01) = 2.970$ .
- $X_{at}$ , que é a produtividade sob aplicação terrestre é calculada como a produtividade média da lavoura, os mesmos 3.000 ton ha<sup>-1</sup> multiplicado por  $(1 + xt)$ , onde “ $xt$ ” é o ganho (ou perda) de produtividade da aplicação terrestre em relação à aérea devido às perdas por amassamento. No exemplo anterior supomos uma perda de 2% (ou 0,02). Então,  $X_{aa} = 3.000 * (1 - 0,02) = 2.940$ .
- Assim, para o caso hipotético apresentado,  $(X_{aa} - X_{at})$  seria igual ao valor de 30 ton ha<sup>-1</sup> (2.970 – 2.940).

Este resultado é então multiplicado pelo preço da tonelada de soja recebida pelo produtor ( $P_x$ ).

O resultado desta multiplicação  $((X_{aa} - X_{at}) * P_x)$  é então reduzido da diferença de custo, por hectare, entre ambas as técnicas ( $C_{aa} - C_{at}$ ). Um cuidado na obtenção dos valores do custo da aplicação aérea ( $C_{aa}$ ) e da aplicação terrestre ( $C_{at}$ ) é que elas estejam na mesma unidade, que seria o custo por hectare.

Procedendo desta maneira o produtor toma uma decisão economicamente mais consciente com relação a forma de aplicação de agrotóxicos em sua lavoura.

## Conclusões

Este trabalho atingiu ao objetivo de identificar custos e benefícios que o produtor pode auferir ao mudar da pulverização terrestre para a pulverização aérea de agrotóxicos. Entretanto, pelo pequeno número de informações existentes sobre a técnica, esta análise ficou restrita à cultura da soja e às perdas de produtividade ocasionadas pela passagem das rodas do trator ao trafegar dentro da lavoura, operação necessária em várias práticas culturais. Assim, esta é a maior limitação para os resultados apresentados. Com propósito de reduzir esta limitação, um item adicional aos resultados indica ao produtor uma maneira de fazer a sua análise, considerando as observações que podem ser identificadas na sua região.

As perdas com amassamento provocadas pelas rodas do trator podem depender da cultura e espaçamento considerados. Em cultivos adensados como o da soja, estas perdas podem ser significativas e práticas culturais que puderem ser substituídas por aviões ao invés de tratores podem ocasionar ganhos econômicos para o produtor. Assim, os resultados apresentados são referentes a esta cultura e futuras análises podem ser aplicadas para outras culturas e condições.

Neste estudo foi considerado que a pulverização aérea apresenta a mesma eficiência técnica da pulverização terrestre. Entretanto, este ainda é um assunto discutido e depende muito de condições locais.

### **Agradecimentos**

A autora agradece: ao Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola – Sindag e ao apoio financeiro da Embrapa, dentro do projeto “Desenvolvimento da aplicação aérea de agrotóxicos como estratégia de controle de pragas agrícolas de interesse nacional”.

## **Referências Bibliográficas**

ÁGUAS Claras Aviação Agrícola Ltda. Disponível em:

[http://www.aguasclarasaviacao.com.br/vantagens\\_custos.htm](http://www.aguasclarasaviacao.com.br/vantagens_custos.htm). Vantagens da aviação agrícola. Custos aplicação aérea x terrestre. Acesso em: 5 de junho, 2017.

ANTUNIASI, U. R. Technological innovations for application of fungicide. In: BORGES, L. D. Technology of fungicide application. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p.21-35.

BAYER, T.; COSTA, I.F.D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L.N.; STEFANELLO, M. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.192-198, 2011.

CARVALHO, W.P.A.; MAGNO JÚNIOR, R.G. Cortar Custos. Revista Cultivar Máquinas, n.38, p20-24. Fevereiro 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L.L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J.F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do Milho. Ciência Agronômica, Fortaleza, v.41, n.3, p.366-372, 2010.

CUNHA, J.P.A.R.; CARVALHO, W.P.A. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.13, n.2, p.130-135, 2005.

CUNHA, J.P.A.R.; FARNESE, A.C.; OLIVET, J.V. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. Revista Engenharia Agrícola, v.31, n.2, p.343-351, 2011.

CUNHA, J.P.A.R.; JULIATTI, F.C.; REIS, E.F. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. Bioscience Journal, Uberlândia, v.30, n.4, p.950-957. 2014.

EMBRAER. Embraer Agrícola. Disponível em:

<http://www.embraeragricola.com.br/pt-BR/Aeronave->

[Ipanema/Vantagens/Paginas/Conheca-as-Vantagens.aspx](http://www.embraeragricola.com.br/pt-BR/Aeronave-Ipanema/Vantagens/Paginas/Conheca-as-Vantagens.aspx). Acesso em: 20 de abril, 2017.

FNP. Agrianual 2017. Anuário da Agricultura Brasileira. Informa Economics. FNP. 2017.

FUNDAÇÃO Getúlio Vargas – FGV. Disponível em: <http://portal.fgv.br/>. Índices. Acesso em: 24 de março, 2017.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/>. Banco de Dados. Acesso em: 20 de abril, 2017.

MENECHINI, W.; MAGGI, M.F.; JADOSKI, S.O.; LEITE, C.D.; CAMICIA, R.M. Aerial and ground application of fungicide in corn second crop on diseases control. Revista Engenharia Agrícola, v.37, n.1, p.116-127, 2017.

OLIVEIRA, S.; LUDWIG, M.P.; CRIZEL, R.L.; LEMES, E.S.; LUCCA FILHO, O.A. Amassamento durante o manejo do cultivo: efeito no rendimento e na qualidade de sementes de soja. Bioscience Journal, Uberlândia, v.30, n.4, p.1059-1069. 2014.

RAMOS, H.H.; SANTOS, J.M.F.; LEITE, L.S.; PALLADINI, L.A.; PIO, L.C.; OZEKI, Y.; ADEGAS, F.S. Parâmetros da capacidade de campo operacional associada a pulverizadores terrestres no Brasil. Revista Biológico, v.75, Suplemento 1, p.11-29, São Paulo, 2013.

REIS, E.F.; QUEIROZ, D.M.; CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, S.M.F. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (Glycine Max L.). Revista Engenharia Agrícola, v. 30, n.5, p.958-966, 2010.

REIS, E.M.; ZANATTA, M. Cálculo do dano do amassamento, na cultura do trigo, pelo rodado do equipamento na primeira aplicação de defensivos. Disponível em:

<http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/94/Amassamento%20o%20C3%A1culo%20dano.pdf>. Acesso em: 19 de julho, 2017.

SANTOS, J.M.F. Aplicação aérea e terrestre: vantagens e limitações comparativas. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Anais. 2005.

SANTOS, J.M.F. Aplicação correta: eficiência, produtividade e baixo custo em culturas agrícolas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 9., 2003, Catanduva. Anais... Catanduva: Instituto Biológico, 2003. p.69-113.

SCHRÖDER, E. P. Aerial application of fungicide with emphasis on quality. In: BORGES, L. D. Pesticide application technology. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. p.105-113.

## Anexo

Tabela 1<sup>A</sup> – Preços cobrados para aplicação aérea de agrotóxicos, considerando todos os custos, exceto fungicida, em R\$ ha-1, para o ano 2017

Tamanho da lavoura, em hectares	Distância do local do avião até a lavoura, em km			
	10	20	30	40
20	60	65	70	75
60	45	47	52	58
100	43	45	48	56
200	40	42	46	54
300	38	40	42	52

Tabela 2<sup>A</sup> – Custo da pulverização terrestre utilizando pulverizador de barra tracionado com tanque de 2.000 litros e barra de 18 metros. Foi considerado todos os custos exceto fungicida. Valores para o ano 2017

	Velocidade aplicação para o pulverizador considerado, em ha/hora		
	4,57	9,36	6,97
Custo do trator + pulverizador de barra tracionado com tanque de 2.000 litros e barra de 18 metros (1000 horas de trabalho) *		103.91	
Custo por hectare* *	22.74	11.10	14.92

Fonte: \*FNP (2017); \*\*Ramos et al. (2013).







---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Instrumentação*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP*

*Telefone: (16) 2107 2800 - Fax: (16) 2107 2902*

*[www.embrapa.br/instrumentacao](http://www.embrapa.br/instrumentacao)*



MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**

